

**Quantitative Auswertung des
Elektrokardiogramms von Kindern mit
isolierter valvulärer Pulmonalstenose**

von

Gerhard Heinrich VOTTELER
aus Komotau

1973 # 419

Aus der Kinderklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. A. Windorfer

Quantitative Auswertung des Elektrokardiogramms von Kindern mit isolierter valvulärer Pulmonalstenose

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Gerhard Heinrich VOTTELER

aus Komotau

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg



Gewidmet meinem
verstorbenen Vater
und meiner Mutter

Dekan: Prof. Dr. med. L. Demling
Referent: Prof. Dr. med. H. Gutheil
Korreferent: Prof. Dr. med. A. Windorfer

Tag der mündlichen Prüfung: 5. November 1973

G l i e d e r u n g :

- I. Allgemeine Vorbemerkungen
- II. Problemstellung
- III. Methodik
- IV. Das Elektrokardiogramm bei Hypertrophie und Dilatation
- V. Eigene Untersuchungen
 - 1. Isolierte Pulmonalstenose
 - 2. Katamnestische Untersuchungen bei operierten Pulmonalstenosen
- VI. Ergebnisse
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548410_0090

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Die Bedeutung der angeborenen Herz- und Gefäßmißbildungen steigt in den letzten Jahren stark an, da eine Beseitigung durch eine Operation nach Einführung der extrakorporalen Zirkulation in vielen Fällen möglich ist. Die Voraussetzung wird jedoch nur durch eine exakte Diagnose und richtige Indikationsstellung geschaffen, wie sie durch Anwendung der speziellen kardiologischen Untersuchungsmethoden jetzt möglich ist. Für die Beurteilung der Hämodynamik der einzelnen angeborenen Herz- und Gefäßanomalien spielt das Elektrokardiogramm im Rahmen der konventionellen Untersuchungsmethoden und in der Verlaufsbeobachtung eine wichtige Rolle (J.SCHMIDT).

II. Problemstellung

Aufgabe dieser Arbeit ist es, bei isolierten Pulmonalstenosen durch quantitative Auswertung des Elektrokardiogramms eine Korrelation der elektrokardiographischen Veränderungen zu den durch Herzkatheterung gemessenen rechtsventrikulären Druckwerten aufzuzeigen.

Solche vergleichenden elektrokardiographischen und hämodynamischen Untersuchungen sind bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern schon mehrfach durchgeführt worden, indem man den Druck oder die Arbeitsleistung des rechten Herzens, vorwiegend der rechten Kammer, gemessen und diese Werte in Beziehung gesetzt hat zu elektrokardiographischen Zeichen einer Rechtshypertrophie (MICHEL und Mitarbeiter, ORME und ADAMS, TORNER-SOLER, SCHAUB und Mitarbeiter, ROSSI und ONAT).

Durch pathologisch anatomische Untersuchungen von Herzen mit Pulmonalstenosen weiß man außerdem, daß eine Korrelation besteht zwischen dem Grad der Muskelhypertrophie und dem rechtsventrikulären Druck (JOHNSON und Mitarbeiter, MARQUIS).

MICHEL und Mitarbeiter gaben bei EKG-Untersuchungen an 130 Pulmonalstenosen als Maßzahl für das Muskelmassenverhältnis beider Kammern einen Quotienten aus systolischem Druck der rechten und linken Kammer, den sogenannten Ventrikeldruckquotienten (Q_v) an. Es zeigte sich, daß zu jedem der zur statistischen Berechnung herangezogenen elektrokardiographischen Merkmale eine strengere korrelative Bindung zum Ventrikeldruckquotienten als zum systolischen Druckwert des rechten Ventrikels alleine bestand.

Alle Untersuchungen zeigen, daß man grundsätzlich berechtigt ist, von den elektrokardiographischen Veränderungen einer Rechtshypertrophie auf den Grad einer Drucksteigerung im rechten Ventrikel

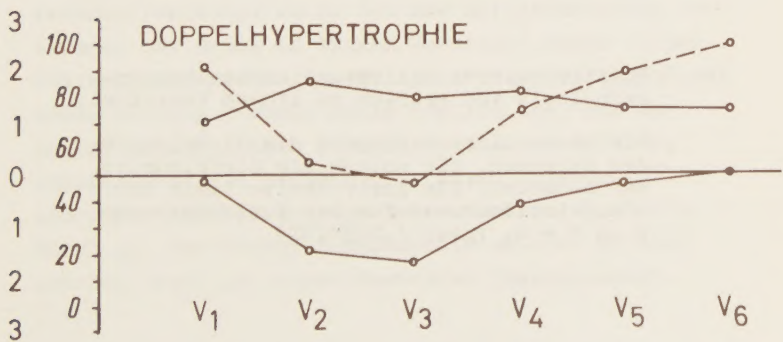
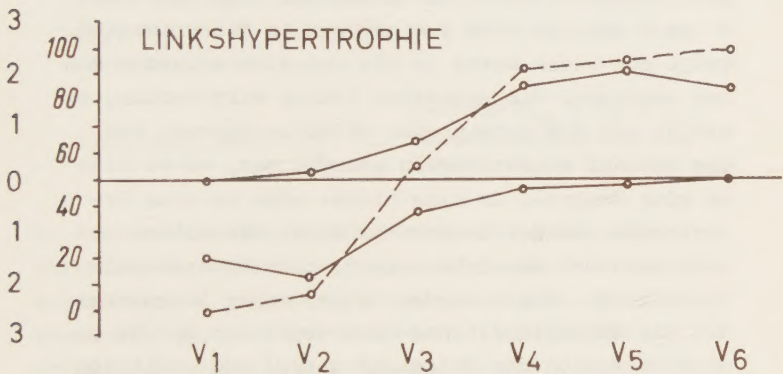
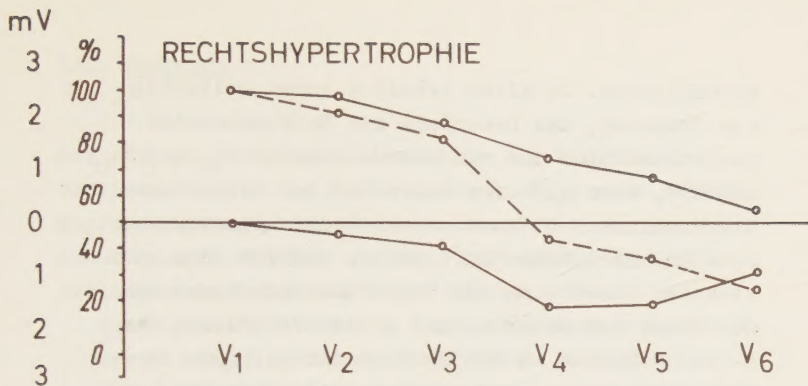


Abbildung 1: Legende siehe Seite 6

zu schließen. In allen Arbeiten kommt weiterhin zum Ausdruck, daß besonders die Brustwandableitungen und hier die rechtspräkordialen V_{4r} und V_{3r} sowie V_1 eine wichtige Rolle bei der elektrokardiographischen Diagnose einer Rechtshypertrophie spielen. In letzter Zeit hat J. SCHMIDT eine quantitative Auswertung des Elektrokardiogrammes in der Weise vorgenommen, daß er das Verhältnis der R- und S-Zacken in den Brustwandableitungen in Form eines Relationsquotienten errechnet hat. Dieser Relationsquotient stellt das Verhältnis der Amplitudenhöhe von R zur Summe der Amplitude von R und S dar und wird ausgedrückt in Prozentwerten. Trägt man diese Werte in ein Koordinatensystem ein und verbindet die einzelnen Punkte miteinander, so erhält man die sogenannten Relationskurven. Aus dem Verlauf dieser Kurven erkennt man, ob es sich um eine Rechts-, um eine Links- oder um eine Hypertrophie beider Kammern handelt. Desweiteren kann man auch den Schweregrad einer Hypertrophie herauslesen. Diese Kurven zeigen daher besonders gut die Abhängigkeit der QRS-Formen von der Gewichtsrelation der beiden Ventrikel und damit von der Hämodynamik im Herzen.

Abb.1 Relationskurven bei verschiedenem Massenverhältnis von rechtem zu linkem Ventrikel.

Die obere Linie verbindet die Gipfelpunkte der R-Zacken, die untere die Gipfelpunkte der S-Zacken. Die gestrichelte Linie ist die Relationskurve für das Verhältnis von R zu $R + S$. (nach J.SCHMIDT)

III. Methodik

Bei der quantitativen Auswertung der Elektrokardiogramme wurde der Summenquotient (Q_S) nach GUTHEIL zugrunde gelegt, der sich aus den Relationsquotienten von drei rechts- und drei linkspräkordialen Ableitungen in folgender Weise bilden läßt:

Die zwischen R und R + S gemessenen Relationswerte liegen zwischen 0 und 100%. Es wurden nun die Summe aus den Prozentwerten von drei rechtspräkordialen (V_{3r} , V_1 und V_2) und die Summe aus drei linkspräkordialen Ableitungen (V_4 , V_5 und V_6) bestimmt und der Quotient errechnet.

$$\text{Summenquotient } Q_S = \frac{\% \text{-Werte } V_{3r} + V_1 + V_2}{\% \text{-Werte } V_4 + V_5 + V_6}$$

Diesen aus dem Brustwandelektrokardiogramm errechneten Werten wurden nun die entsprechenden Ventrikeldruckwerte gegenübergestellt und dazu entsprechend ein Quotient aus dem rechts- und linksventrikulärem systolischen Druckwert, der sogenannte Ventrikeldruckquotient (Q_V) gebildet. Der Druck im rechten Ventrikel wurde bei der Herzkatheterung bestimmt; der Druck im linken Ventrikel wurde in den Fällen, in denen es zum Beispiel beim Vorliegen eines offenen Foramen ovale möglich war, den Katheter in die linken Herzabschnitte vorzuführen, ebenfalls direkt gemessen. In allen anderen Fällen wurde der systolische Druck unblutig nach Riva - Rocci mit der Blutdruckmanschette am Arm bestimmt und dem Druck im linken Ventrikel gleichgesetzt.

IV. Das EKG der Kammerhypertrophie (Form, Entwicklung, Grad einer Rechtshypertrophie).

Grundsätzlich ist das Kennzeichen einer Hypertrophie elektrokardiographisch die Zunahme der Amplitude jener Zacken, die der Erregungsausbreitung zugehören, das betrifft sowohl die Vorhöfe, als auch die Kammern. Bei der Dilatation eines Herzabschnittes kommt es zu einer Abnahme der Zackenamplitude mit gleichzeitiger Verbreiterung der QRS-Gruppe. Das EKG bei Hypertrophie und gleichzeitiger Dilatation (meist ausgelöst durch erhöhte Volumenarbeit) enthält beide Merkmale, d.h., es kommt zu einer Amplitudenzunahme der QRS-Gruppe bei gleichzeitiger Verlängerung ihrer Dauer.

Beim reifen Neugeborenen ist der rechte Ventrikel ebenso schwer wie der linke (oft bis $1/5$ schwerer), es besteht somit eine physiologische Rechtshypertrophie von 1 : 1. Nach der Geburt fällt das relative Gewicht des rechten Herzens ab und zu Beginn des 2. Monats hat der rechte Ventrikel ungefähr $1/5$ seines Geburtsgewichtes eingebüßt (LINZBACH). HORT bezeichnet diesen Gewichtsverlust als physiologische Atrophie, die bis zum 6. Monat abgeschlossen ist, d.h., dann bestehen Muskelmassenverhältnisse wie beim Erwachsenen, eine physiologische Linkshypertrophie im Verhältnis 1 : 2. DONZELOT unterscheidet drei Hypertrophieformen:

1. Widerstandshypertrophie
2. Anpassungshypertrophie
3. Volumenhypertrophie

Zu 1. (Widerstandshypertrophie) Die reine Widerstandshypertrophie mit dem Bild einer extremen Rechtshypertrophie entsteht bei vermehrter Druckarbeit der rechten Kammer ohne Entlastungsmöglichkeit, z.B.

bei einer isolierten Pulmonalstenose. In den Brustwandableitungen finden wir dabei rechtspräkordial große, schlanke R-Zacken bis weit nach links reichend, gefolgt von negativen T-Wellen (diskordante T-Zacke). Weiterhin kommt es zu einer R-Zackenabnahme in V_2 bis V_4 und in V_3 und V_4 zu einem Umschlag in eine rS-Form. Den großen R-Zacken geht mitunter in V_1 und V_2 eine kleine Q-Zacke voraus. Kleine S-Zacken sind manchmal schon in V_1 zu erkennen und werden nach links immer größer. Wertvoll für die Diagnostik sind auch die rechtspräkordialen Ableitungen V_3R und V_4R . Das Kurvenbild wird ergänzt durch negative T-Wellen, die nach links an Amplitude abnehmen, um über eine Zwischenzone mit biphasischem T schließlich positiv zu werden. In den Ableitungen mit negativen T-Wellen ist die ST-Strecke unter die Nulllinie gesenkt und gewöhnlich nach oben konvex gewölbt.

Die P-Zacke weist hierbei die Form eines P-dextrocardiale auf. ABRAHAM, WOODS und CAMPBELL wiesen auch schon auf die Abhängigkeit der Höhe der P-Zacke von den rechtsventrikulären Drucken hin.

(Siehe auch KEITH und Mitarbeiter)

Bei den oben beschriebenen EKG-Befunden, die das Ende einer langen Entwicklungsreihe darstellen, besteht ein Gewichtsverhältnis von rechter zu linker Kammer, das größer als 1 ist und der Druck im rechten Ventrikel ist höher als im linken. Aber schon bei leichteren Formen bestehen Veränderungen der QRS-Gruppe in den rechtspräkordialen Brustwandableitungen. Im Frühstadium erkennt man manchmal eine kleine embryonale R-Zacke im Schoß der S-Zacke (nach MOUNSEY und Mitarbeiter). Über RSR' kommt es schließlich zur Rs-Form. Eine basisnahe Knotung der R-Zacke erinnert manchmal noch an frühere Entwicklungsstufen.

Zeichen einer Rechtshypertrophie können schon im EKG vorhanden sein, wenn ein Gewichtsverhältnis

von rechts zu links besteht, das 0,64 oder mehr beträgt (ELSTER, MÜLLER).

Wichtigste Zeichen dieser Rechtshypertrophie:

1. Große, schlanke R-Zacke in V_1 und rechts davon mit vorausgehender Q-Zacke oder basisnaher Knotung im aufsteigenden Schenkel und kleiner S-Zacke.
2. Das Wilson-Phänomen: Nach links an Amplitude abnehmende R-Zacken mit gleichzeitiger Amplitudenzunahme der S-Zacken (WILSON und Mitarbeiter)
3. Eine große, schlanke R-Zacke in aVR kann bei einem vertikalgestellten Herzen allein oder in Verbindung mit anderen Zeichen Ausdruck einer Rechtshypertrophie sein (MYERS und Mitarbeiter, GOODWIN, WASSERBURGER und BROWN, MILNOR, HOLLMANN).
4. Im Zusammenhang mit anderen Zeichen spricht auch die Verlängerung der QR-Zeit in Ableitung V_1 für das Vorliegen einer Rechtshypertrophie.

Zu 2. (Anpassungshypertrophie) Bei einer Anpassungshypertrophie der rechten Kammer handelt es sich um eine Hypertrophie, die ihre definitive Grenze in einem Muskelmassenverhältnis zur anderen Kammer von 1 : 1 hat, weil die rechte Kammer über ein Entlastungsventil, beispielsweise einen Kammerseptumdefekt, dem Druck der li. Kammer angepaßt ist. Wie bei der Widerstandshypertrophie, findet man in den rechtspräkordialen Ableitungen sowie in Ableitung V_1 R- oder Rs-Formen, charakteristisch ist jedoch ein plötzlicher Umschlag in eine rS-Form in Ableitung V_2 . In den linkspräkordialen Ableitungen kommt es bei gleichzeitiger Abnahme der Amplitude von S zu einer Zunahme der R-Zacke.

Zu 3. (Volumenhypertrophie) Die Volumenhypertrophie - ein Mischbild aus Hypertrophie und Dilatation - kommt im EKG in einer Verbreiterung und Formenänderung des QRS-Komplexes, vor allem in den rechts-präkordialen Ableitungen zum Ausdruck. Bei Kindern mit einer Volumenüberlastung des rechten Herzens liegt der Wert für die QRS-Dauer an der oberen Grenze der normalen Variationsbreite (Normalwerte für Kinder in verschiedenen Altersstufen wurden von STOERMER und HECK angegeben). Liegt die QRS-Dauer über dem oberen Grenzwert, so handelt es sich um einen vollständigen, bei Werten dicht unter dem oberen Grenzwert um einen unvollständigen Rechtsschenkelblock oder eine Rechtsverspätung der Erregung. Um allen Definitionsschwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, schlägt deshalb J. SCHMIDT vor, ganz unverbindlich von einem RSR-Typ der QRS-Gruppe zu sprechen. Im Gegensatz zur Widerstandshypertrophie bleibt eine große R'-Zacke über die ganze Reihe der Brustwandableitungen erhalten; sie wird nach links hin zwar kleiner, hat aber stets eine größere Amplitude als die S-Zacke. Die S-Zacke ist verbreitert, aber nicht wie bei einem reinen Schenkelblock breit und plump, sondern sie enthält bei einer Volumenüberlastung als Zeichen der Hypertrophie eine "Spitze". Das gleiche "Mischbild" hat die R-Zacke in den parasternalen Ableitungen und in aVR.

Die T-Wellen in den rechts-präkordialen Ableitungen sind den R-Zacken entgegengerichtet, doch bei einer reinen Volumenüberlastung niemals so tief wie bei einer Widerstandshypertrophie extremen Grades. Auf die EKG-Veränderungen bei einer Linkshypertrophie braucht im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen zu werden.

Abschließend muß noch kurz auf die Bedeutung des EKG-Typs bei der Diagnostik von Herzfehlern eingegangen werden. Die elektrische Herzachse, das mitt-

lere manifeste Potential, welches für die Formung der QRS-Gruppe verantwortlich ist, bestimmt den EKG-Typ. Dieser wird ausgedrückt durch den Winkel Alpha, jenem Winkel, den die elektrische Herzachse mit der Horizontalen bildet. Bei der Rechtshypertrophie ist eine Drehung der Herzachse über $+90$ Grad bezeichnend, bei Kindern beträgt der Grenzwert sogar plus 105 Grad (nach ZIEGLER).

Der EKG-Typ erfährt im Laufe des Lebens gewisse Änderungen, die altersabhängig sind, da ja eine Korrelation zwischen EKG-Typ und Massenverhältnis beider Ventrikel besteht (PIPPERGER) und damit der Arbeitsleistung der Kammern (SCHLOMKA, SCHWEIZER und Mitarbeiter, VOEGTLIN und BAYER). Wichtig für die Beurteilung des Schweregrades der Hypertrophie ist ferner der Achsendifferenzwinkel zwischen der QRS-Achse und der T-Achse. Bei zunehmender Hypertrophie wird die QRS-Achse nach rechts (über 90 Grad) abgedreht, während mit zunehmender Muskelmasse die T-Achse nach links (kleiner als 30 Grad in der Frontalebene) dreht (SCHAUB und Mitarbeiter, SCHWEIZER und Mitarbeiter, BAYER und EFFERT). Die Differenz zwischen den Winkeln wird größer und steigt weit über den Grenzwert von 60 Grad. Nach PIPPERGER ist die Größe dieses Winkels bei der Rechtshypertrophie das beste Maß für die Mehrarbeit des Ventrikels. Ein diskordantes EKG entsteht bei der Widerstandshypertrophie einer Kammer. Je größer diese ausgeprägt ist, desto größer ist der Winkel, den die Achse von QRS mit der Achse von T bildet, wobei der größere Differenzwinkel in erster Linie auf die stärkere Abweichung des T-Vektors nach links oben zu beziehen ist (STOERMER). MICHEL stellt sogar eine lineare Beziehung zwischen dem Druckquotienten der beiden Ventrikel und dem Grad des Linkstyps der T-Zacke auf.

V. Eigene Untersuchungen

1. Isolierte Pulmonalstenose:

In den Jahren 1963 bis 1972 wurden in der kardiologischen Abteilung der Erlanger Universitäts-Kinderklinik 65 durch Herzkatheteruntersuchungen gesicherte Pulmonalstenosen bei Patienten zwischen 2 bis 14 Jahren diagnostiziert. Dabei fand sich in 19 Fällen ein offenes Foramen ovale, über das jedoch weder oxymetrisch, noch angiokardiographisch ein Links-rechts-Shunt nachgewiesen werden konnte.

Anatomisch handelte es sich bei den Stenosen um:

1. 59 rein valvuläre Pulmonalstenosen
2. 3 rein infundibuläre Pulmonalstenosen
3. 2 kombinierte infundibuläre und valvuläre Pulmonalstenosen
4. 1 subvalvuläre Pulmonalstenose (in Form einer obliterierenden Membran)

Gemäß dem Schema von J.SCHMIDT wurden sie nach ihrem Schweregrad in drei Gruppen eingeteilt:

- I. Mäßige Pulmonalstenose mit einem Druck im rechten Ventrikel bis 60 mm Hg.
- II. Mittelschwere Pulmonalstenose mit einem Druck im rechten Ventrikel zwischen 60 und 100 mm Hg.
- III. Schwere Pulmonalstenose mit einem Druck im rechten Ventrikel über 100 mm Hg.

15 Patienten aus den letzten beiden Gruppen wurden inzwischen operiert und es konnten katamnestische Untersuchungen bis zu 9 Jahren durchgeführt werden, auf deren Ergebnisse weiter unten eingegangen werden wird.

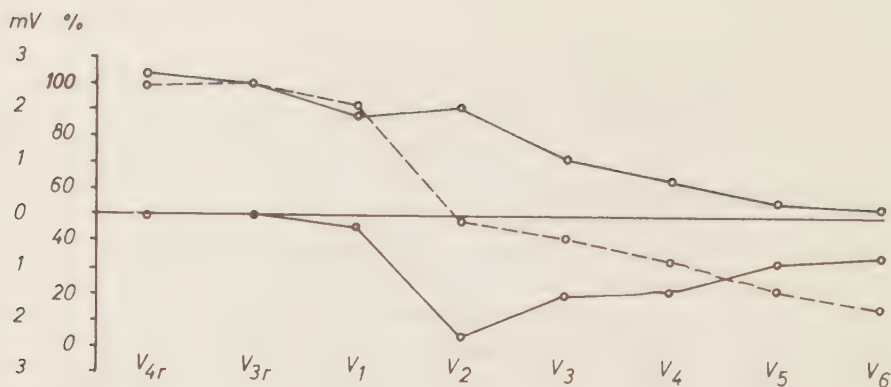


Abb. 2 a

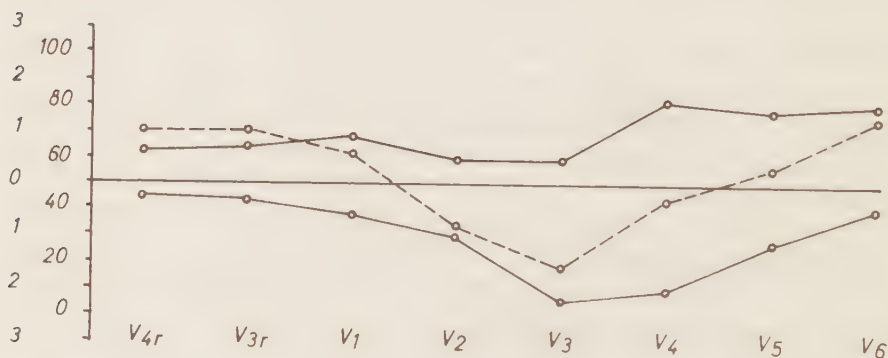


Abb. 2 b

Abb. 2: Relationskurven bei Pulmonalstenosen verschiedenen Grades mit verschiedenen hohen Druckwerten im rechten Ventrikel

Die obere Linie verbindet die Gipfelpunkte der R-Zacken, die untere Linie die Gipfelpunkte der S-Zacken. Die gestrichelte Linie ist die Relationskurve für das Verhältnis von R zu R+S.

Abb. 2 a: Hochgradige Pulmonalstenose mit einer Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 190/0 und einem systolischen Druckquotienten von 179 mm Hg
 $Q_S : 3,31$
 $Q_V : 1,58$

Abb. 2 b: Mittelschwere Pulmonalstenose mit einem Druck im rechten Ventrikel von 80/0 mm Hg und einem systolischen Druckgradienten von 55 mm Hg.

Die Relationskurve zeigt das Bild der Doppelhypertrophie
 $Q_S : 0,93$
 $Q_V : 0,67$

In die Gruppe I der Einteilung fielen 55 Patienten. Bei der Herzkatheterung wurde eine Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 35 bis 60 mm Hg mit einem systolischen Druckgradienten zwischen 15 und 45 mm Hg festgestellt. Klinisch lagen bei keinem Patienten Beschwerden von seiten des Herzfehlers vor. Röntgenologisch zeigte das Herz normale Form und Größe, bei manchen bestand jedoch eine deutliche Prominenz des Pulmonalisbogens. Die Lungenzeichnung war normal. Auskultatorisch hört man bei allen Kindern ein systolisches Geräusch Grad 3 bis 4 mit *Pet. maximum* im 2. oder 3. ICR links parasternal. Das Elektrokardiogramm zeigte noch keine sichere Korrelation zwischen dem Schweregrad der Stenose. Unabhängig vom Druck im rechten Ventrikel wurden rechtstypische-, steiltypische-, normaltypische- sowie angedeutet linkstypische Elektrokardiogramme gefunden, wobei jedoch der Steiltyp mit 43% deutlich überwog. Ein angedeutetes P-dextrokardiale wurde sechsmal gefunden, erstmals bei einem Druck von 50 mm Hg im rechten Ventrikel. Die R-Zacken in V_1 hatten eine Höhe zwischen 0,15 und 2,4 mV, im Durchschnitt 0,6 mV. Sie waren jedoch immer kleiner als die linkspräkordialen Kammerausschläge. Linkspräkordial zeigte der QRS-Komplex immer eine qRs-, bzw. eine Rs- oder eine qR-Form, während rechtspräkordial eine starke Variationsbreite vorhanden war. Es fanden sich schon vereinzelt reine R-Formen, entweder von kleinen s-Zacken gefolgt oder im aufsteigenden Schenkel geknotet (15%). Bei 19 Fällen (54%) wurden die schon von vielen Autoren (J. SCHMIDT, GUTHEIL, STOERMER) beschriebenen Stufen der Entwicklungsreihe des QRS-Komplexes bei einer Widerstandshypertrophie gefunden. Eine RS-Form bei 20%, eine rsR'-Form bei 14%, eine rsr'-Form bei 11% sowie eine rS-Form mit kleiner r-Zacke im aufsteigenden Schenkel bei 9%.

Somit kristallisiert sich auch hier folgende Entwicklungsreihe des Formenbildes von QRS in den rechtspräkordialen Ableitungen heraus:

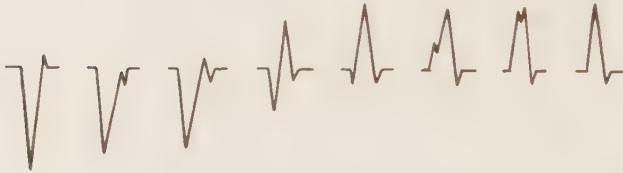


Abb.3 Entwicklungsreihe des Formenbildes von QRS in den rechtspräkordialen Ableitungen bei einer Widerstandshypertrophie des rechten Ventrikels (nach J. SCHMIDT).

Bei den normaltypischen- bzw. angedeutet links-typischen Elektroaardiogrammen fanden sich rechtspräkordial völlig normale QRS-Formen ohne Hypertrophiezeichen, nämlich rS (31%). Kammerendteilveränderungen wurden bei dieser Gruppe noch nicht gesehen.

In die Gruppe II entfiel 11 Patienten mit einer Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 5 bis 100 mm Hg sowie mit einem systolischen Druckgradienten zwischen 45 und 100 mm Hg. Klinisch wurden bei einigen Kindern, nur bei stärkeren Anstrengungen, Beschwerden von seiten des Herzfehlers in Form von Atemnot und rascher Ermüdbarkeit festgestellt. Röntgenologisch zeigte sich bei einigen ein kräftig gerundeter, langgestreckter rechter Herzrand, die Lungenzeichnung erschien manchmal in der Peripherie vermindert; es bestand bei allen eine deutliche

Prominenz des Pulmonalissegmentes als Folge der poststenotischen Dilatation. Auskultatorisch hörte man ein deutliches systolisches Geräusch Grad 4 bis 5 mit Pct. maximum im 2. oder 3. ICR links parasternal. Das Elektrokardiogramm war jetzt überwiegend rechtstypisch (77%), wobei schon ein diskordanter Rechtstyp auftrat. In zwei Fällen (15%) bestand noch ein Steiltyp und in einem Fall lag sogar ein linkstypisches EKG vor. Ein P-dextrocardiale fand sich in 11 Fällen (65%). Der QRS-Komplex zeigte rechtspräkordial (V_1) in 10 Fällen (77%) eine reine R-Form, entweder von kleinen s-Zacken gefolgt oder im aufsteigenden Schenkel basisnah geknotet. In 2 Fällen (15%) lag noch ein inkompletter Rechtsschenkelblock der Form rsR' und in einem Fall eine RS-Form vor. Das Verhältnis von R zu S betrug jedoch in allen Fällen in V_1 eins oder mehr. In den linkspräkordialen Ableitungen (V_6) herrschte noch die qRS-Form vor, so daß bei dieser Gruppe in den Relationskurven sehr oft das Bild der Doppelhypertrophie zu finden war. Bei einigen (25%) war es jedoch schon zu einer Formumkehr (rS) und damit in den Relationskurven zur Ausbildung einer deutlichen Rechtshypertrophie gekommen. Die T-Wellen zeigten bei dieser Gruppe das auch schon von STÖERMER beschriebene Phänomen, daß sie nach rechts hin an Amplitude zunehmen und zum Teil bis V_{4r} positiv waren. T-Veränderungen im Sinne eines "Innenschichtschadens" konnten noch nicht beobachtet werden.

In die Gruppe III fielen 1. Patienten mit einer Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 110 bis 190 mm Hg sowie einem systolischen Druckgradienten zwischen 65 und 174 mm Hg. Bei allen Kindern bestand rasche Ermüdbarkeit und Atemnot bei Anstrengungen als Ausdruck eines verminderten Minutenvolumens im kleinen Kreislauf. Auch waren einige Kin-

der in ihrer körperlichen Entwicklung zurückgeblieben. Röntgenologisch zeigte sich ein kräftig gerundeter, langgestreckter rechter Herzrand, eine in der Peripherie verminderte Lungenzeichnung sowie ein deutlich prominenter Pulmonalisbogen. Im Elektrokardiogramm waren alle Zeichen einer extremen Rechtshypertrophie zu finden. Das Elektrokardiogramm war ganz überwiegend rechtstypisch (80%), bei einem Fall war sogar ein Überdrehter Rechtstyp zu finden, nur in zwei Fällen (12%) lag noch ein Steiltyp vor. In 5 Fällen (29%) war es schon zur Ausbildung eines diskordanten Rechtstyps gekommen. Die Höhe der R-Zacken in den rechtspräkordialen Ableitungen (V_1) lag zwischen 0,8 mV und 5,5 mV und betrug im Durchschnitt 2,45 mV. Der QRS-Komplex zeigte rechtspräkordial überwiegend (77%) schlanke R-Zacken, entweder von kleinen s-Zacken gefolgt oder reine R-Formen mit kleiner q-Zacke in V_1 . Nur in 4 Fällen (23%) bestand noch ein inkompletter Rechtsschenkelblock vom rsR'-Typ. In den linkspräkordialen Ableitungen kam es in 1 Fällen (41%) zu einer völligen Formumkehr (rS) und in 1 weiteren Fällen zu einer RS-Form des QRS-Komplexes. Nur in 3 Fällen (18%) bestand in V_6 noch eine RS-Form, aber auch hier war die Übergangszone - als Zeichen einer Rechtshypertrophie - weit nach links verschoben. Bei der Betrachtung der T-Wellen in den Brustwandableitungen fiel eine Verschiebung der Positivität nach rechts auf (STOERMER). Nur in einem Fall war es zu einem "Innenschichtschaden" mit tief-negativen T-Wellen bis V_6 bei gleichzeitiger nach oben konvexer Senkung der ST-Strecken gekommen. In allen Fällen konnte weiterhin ein P-dextrocardiale als Ausdruck einer vermehrten Druckbelastung des rechten Vorhofs nachgewiesen werden, mit Werten in Ableitung II bis 0,45 mV. (Im rechten Vorhof wurden Drucke

bis 10/0 mm Hg gemessen). Eine direkte Korrelation der Höhe der P-Zacke zum Druck im rechten Vorhof konnte jedoch nicht festgestellt werden (siehe auch WOOD, KILPATRICK, CAMPELL, PUECH, MICHEL und Mitarbeiter). Es wurde nun der Summenquotient aus den Brustwandableitungen errechnet und dieser Wert dem sogenannten Ventrikeldruckquotienten gegenübergestellt. Statistisch läßt sich die Stärke eines Zusammenhanges zwischen zwei Variablen, in diesem Falle zwischen dem Ventrikeldruckquotient Q_v und dem Summenquotient Q_s in einer einzigen Indexzahl, dem sogenannten Korrelationskoeffizienten zum Ausdruck bringen. In diesem Fall wurde der Korrelationskoeffizient nach PEARSON zugrunde gelegt:

$$r_{xy} = \frac{\text{Summe } (x-Mx) \text{ mal } (y-My)}{n \text{ mal } \sigma_x \text{ mal } \sigma_y}$$

Dieser kann aus der Formel heraus nur Werte zwischen + 1,0 und - 1,0 annehmen. Je näher sich ein Korrelationskoeffizient einem Wert von 1,0 nähert, eine desto strammere Korrelation ist anzunehmen, und je niedriger der Koeffizient ist, desto schwächer ist die gegenseitige Beziehung. Für die untersuchten 65 isolierten Pulmonalstenosen betrug der Korrelationskoeffizient nach PEARSON 0,74, was für biologische Verhältnisse eine recht gute Korrelation bedeutet. Neben der Bestimmung des Korrelationskoeffizienten wurden jeweils die arithmetischen Mittelwerte für Q_v und Q_s bestimmt und diese Werte in Form einer Regressionslinie aufgetragen. Die Streuung der einzelnen Q_s (X)- und Q_v (Y)-Werte um die Regressionslinie kann als Standardabweichung σ_{yx} berechnet werden. In unserem Fall stellt Q_s die unabhängige, Q_v die abhängige Variable dar. Der Ausdruck σ_{yx} bedeutet die Standardabweichung für die Y (Q_v)-Werte, die sich für einen bestimmten X-Wert ergeben haben.

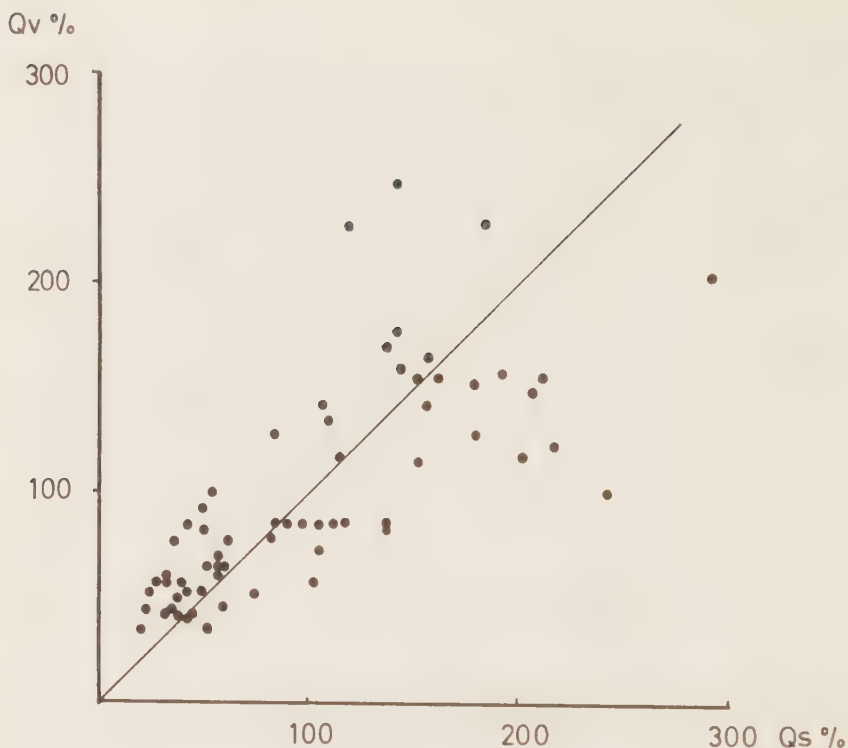


Abb. 4: Verteilung der Werte für den Ventrikel (Q_v) und den Summenquotienten (Q_s) um die Regressionslinie von den insgesamt 65 untersuchten Kindern mit isolierter Pulmonalstenose

In der Abszisse sind die Werte für Q_s ; in der Ordinate die Werte für Q_v eingetragen. Die Regressionslinie verbindet die arithmetischen Mittelwerte von Q_s und Q_v . Es wurde der jeweilige Mittelwert für Q_s und Q_v mit 100 % angesetzt und die Absolutwerte entsprechend umgerechnet (nach GUTHEIL)

Tab. 1: Zusammenfassende Übersicht
über die 65 untersuchten Fälle

I.f.d.					
<u>Nr.</u>	<u>Name</u>	<u>Druck im re.Ventr.</u>	<u>systol.Dr.grad.</u>	<u>Qs</u>	<u>Qv</u>
(Gruppe III)					
1.	M. Diana	190/0	174 + 172	3,31	1,56
.	Sch. Norbert	1	1	1,56	1,94
.	Sch. Monika	100/0	1	2,07	1,1
.	H. ...	100/0	1	1,35	1,1
.	H. ...	150/0	1	1,62	1,21
.	H. ...	140/0	120 + 125	1,56	1,33
.	P. Herbert	120/0	1	2,03	1,20
.	M. Daniela	115/-5	101	1,76	1,23
.	S. Alfred	110/0		2,01	1,16
11.	J. Martin	110/0		2,35	1,13
11.	E. Christa	110/0		2,41	1,22
11.	G. Maria	11		1,83	1,22
11.	H. ...	110/0	92 + 90	1,26	0,96
11.	P. Petra	110/0		1,59	1,36
11.	K. Bettina	110/0		0,93	1,60
11.	K. Gerhard	110/0		2,16	1,22
11.	H. Margarete	110/0		1,71	1,21
(Gruppe II)					
18.	P. Thomas	100/-5		1,20	1,11
19.	P. Hubert	100/-10		2,29	1,11
20.	H. Gerhard	1	1	1,1	0,91
21.	Sch. Rosemarie	100/0		2,02	1,16
22.	A. Anette	100/0		1,62	1,11
23.	M. Robert	90/0		2,45	1,1
24.	P. Stefan	95/0		1,23	1,1
25.	S. Samer	90/0	100 + 100	2,74	0,96
26.	B. Herbert	80/0		1,10	0,91
27.	W. Markus	12/0		1,16	0,91
28.	H. Gregor	70/0		0,61	0,91
29.	B. Ulrike	65/0		1,55	0,91
30.	S. Alexandra	65/0	40	0,55	0,72

<u>Lfd.</u> <u>Nr.</u>	<u>Name</u>	<u>Druck im re.Ventr.</u>	<u>systol.Dr.grad.</u>	<u>Qs</u>	<u>Qv</u>
(Gruppe I)					
31.	M. Jürgen	60/0	50 + 45	1,30	0,01
32.	P. Manuela	60/0	45	1,34	0,01
33.	G. Stefanie	60/0	45	0,22	0,01
34.	Sch. Stefan	60/0	40	0,40	0,00
35.	T. Margarete	60/0	nicht zu messen	0,42	0,01
36.	L. Angela	60/0	35	0,21	0,00
37.	B. Stefan	60/0	44 + 41	1,00	0,01
38.	B. Hermann	60/0	43	0,25	0,01
39.	H. Birgit	55/0	41 + 39	0,22	0,01
40.	H. Birgit	55/0	30	0,24	0,02
41.	K. Karin	55/0	30	0,20	0,04
42.	V. Gabriele	50/0	30	0,20	0,00
43.	G. Kurt	50/0	30	0,21	0,42
44.	C. Udo	50/0	33	1,10	0,37
45.	Sch. Herbert	50/0	nicht zu messen	1,14	0,45
46.	S. Gislinde	50/0	32 + 32	0,33	0,42
47.	F. Thomas	50/0	30	0,04	0,50
48.	K. Michael	50/0	29	0,21	0,45
49.	W. Herbert	50/0	29	0,21	0,42
50.	G. Claudia	45/0	30	0,25	0,41
51.	E. Thomas	45/0	30	0,24	0,45
52.	A. Stefan	45/0	32	0,37	0,50
53.	M. Kerstin	45/0	32	0,21	0,50
54.	Sch. Andreas	45/0	30 + 1	0,24	0,50
55.	W. Udo	40/0	35 + 30	0,03	0,40
56.	B. Herbert	40/0	33	0,25	0,36
57.	W. Erwin	40/0	30	0,24	0,33
58.	B. Rainer	40/0	30	0,23	0,40
59.	Z. Christian	40/0	30 + 11	0,30	0,35
60.	Sch. Margitta	30/0	21	0,41	0,32
61.	B. Robert	37/0	29 + 19	0,33	0,34
62.	B. Helga	35/0	19	0,21	0,20
63.	R. Fredi	35/0	19	0,01	0,35
64.	H. Franz	35/0	19	0,31	0,20
65.	B. Armin	35/0	19	0,37	0,35

2. Katamnästische Untersuchungen bei operierten Pulmonalstenosen:

Bei 15 Patienten aus der Gruppe II und III wurde die Pulmonalstenose durch Operation beseitigt. Im allgemeinen ist man heute der Auffassung, daß man bei Drucken über 100 mm Hg im rechten Ventrikel grundsätzlich operieren sollte. Bestehen keine Beschwerden und ist das richtige Operationsalter bzw. Operationsgewicht noch nicht erreicht, so kann man unter kardiologischer Kontrolle noch zuwarten. Auch Fälle mit einem Druck zwischen 60 und 100 mm Hg bedürfen einer kontinuierlichen kardiologischen Überwachung, um frühzeitig eine Änderung in der Hämodynamik im Herzen feststellen und die dann notwendige Operation vornehmen zu können (siehe auch BERNHA und LOGGEN). Bei den 15 operierten Pulmonalstenosen bestand präoperativ eine Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 90 bis 190 mm Hg mit einem systolischen Druckgradienten zwischen 1,3 und 1,4 mm Hg. Das Operationsalter lag zwischen 5 und 11 Jahren. Bei allen Kindern war es zu einer isolierten körperlichen Ermüdbarkeit sowie zu Atemnot bei Belastung als Ausdruck eines verminderten Blutvolumens im kleinen Kreislauf gekommen. Im Elektrokardiogramm waren bei allen Patienten die Zeichen einer extremen Rechtshypertrophie zu finden: P-ectrocardiale, Rechtstyp, große schlanke R-Zacke rechtspräkordial, deren Höhe zwischen 0,5 und 5,3 mV - im Durchschnitt jedoch bei 2,45 mV - lag. Der Summenquotient betrug vor der Operation zwischen 0,5 und 3,3; lag jedoch in 13 Fällen (86%) über 1,5. Es wurden nun postoperativ Untersuchungen in der Form durchgeführt, daß die 1/2 Jahr später, die 1 Jahr später sowie die letzten postoperativ angefertigten Elektrokardiogramme quantitativ ausgewertet und aus ihnen der Summenquotient Σ_s errechnet wurde. Dabei zeigte es sich, daß in 14 Fällen (93%) schon nach 3 bis 6 Monaten eine Ver-

minderung des Q_s zwischen 2 bis 60% - im Durchschnitt um 21% aufgetreten war. 10 Patienten konnten auch nach einem Jahr untersucht werden. Dabei betrug die Verminderung des Q_s zwischen 10 und 49% - im Durchschnitt 30%. Bei weiteren 6 Patienten wurden auch in den nächsten Jahren (in einem Fall bis zu 9 Jahren) die Summenquotienten aus den Elektrokardiogrammen bestimmt. Es ergab sich eine Verminderung des Q_s gegenüber dem präoperativen Wert zwischen 10 und 54% - im Durchschnitt um 32%, also kein weiteres Absinken mehr. Man kann somit sagen: Ein bis eineinhalb Jahre nach der Operation ist mit keiner weiteren Besserung des elektrokardiographischen Befundes mehr zu rechnen. Der postoperative Umbau am Herzen ist im wesentlichen abgeschlossen. In zwei Fällen wurde 4 Jahre nach der Operation eine erneute Herzkatheterung durchgeführt, die in beiden Fällen nur noch eine Druckerhöhung im rechten Ventrikel auf 40/0 mm Hg und damit gute Operationsergebnisse erbrachte. Eine Pulmonalinsuffizienz bestand nicht. Nur in einem Fall war es postoperativ zu einer Erhöhung des Summenquotienten gekommen, doch lag hierbei der präoperativ errechnete Wert mit 0,93 weit unter dem für die bei der Herzkatheterung gefundene Drucksteigerung (110/0 mm Hg) erwarteten Wert. Wahrscheinlich liegt hier bei dem präoperativen EKG ein Ableitungsfehler vor. Bei der Betrachtung der postoperativen Elektrokardiogramme fällt die deutliche Abnahme der Amplitude der P-Zacke auf, in vielen Fällen ist ein P-dextrokardiale nicht mehr nachzuweisen. Weiterhin kommt es zu einer Abnahme der rechtspräkordialen R-Zacken (präoperativ zwischen 0,9 und 5,3 mV - im Durchschnitt bei 2,45 mV; postoperativ zwischen 0,25 und 2,3 mV - im Durchschnitt bei 1,20 mV). Der Relationsquotient ($R : R + S$) in V_1 ist jedoch in vielen Fällen konstant oder ändert sich nur wenig (präoperativ durchschnittlich 94,5%; postoperativ durchschnittlich 85,5%).

Dagegen kommt es neben der absoluten Zunahme der R-Zacken in den linkspräkordialen Ableitungen (R-Zacke in V_6 präoperativ zwischen 0,4 und 1,85 mV - im Durchschnitt bei 0,65 mV; postoperativ zwischen 0,75 und 2,95 mV - im Durchschnitt bei 1,57 mV) auch zu einem deutlichen Anstieg des Relationsquotienten in V_6 (präoperativ durchschnittlich 47,5% postoperativ durchschnittlich 69%), der manchmal schon 1/2 Jahr nach der Operation das Doppelte des Ausgangswertes beträgt. Es treten somit mit dem Schwinden der extremen Rechtshypertrophie die Zeichen der physiologischen Linkshypertrophie linkspräkordial mehr und mehr in Erscheinung, was dadurch im Elektrokardiogramm den Eindruck einer Doppelhypertrophie erweckt. Ein Zustand, der sowohl bei der Entwicklung (siehe oben Gruppe II) als auch bei der Rückbildung (nach der operativen Korrektur) einer Pulmonalstenose auftritt; in beiden Fällen liegt jedoch keine Linksüberlastung des Herzens vor.

Tab. 2: Zusammenfassende Gegenüberstellung von Durchschnittswerten der R-Amplituden und der Relationsquotienten in den Brustwandableitungen V_1 und V_6 vor und nach der Herzoperation (15 Fälle):

	R-Ampl. in Abl. V_1	Rel.-Quot.	R-Ampl. in Abl. V_6	Rel.-Quot.
prä- operativ	2,45 mV	94,5%	0,65 mV	47,5%
post- operativ	1,26 mV	85,5%	1,57 mV	69,0%

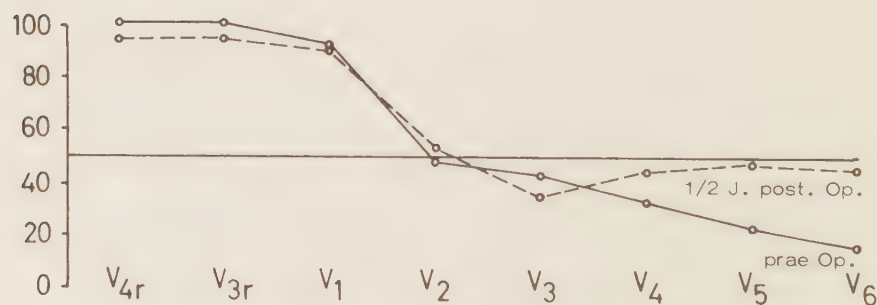
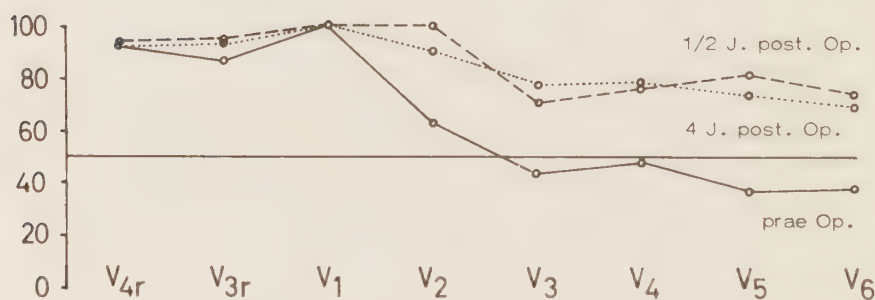
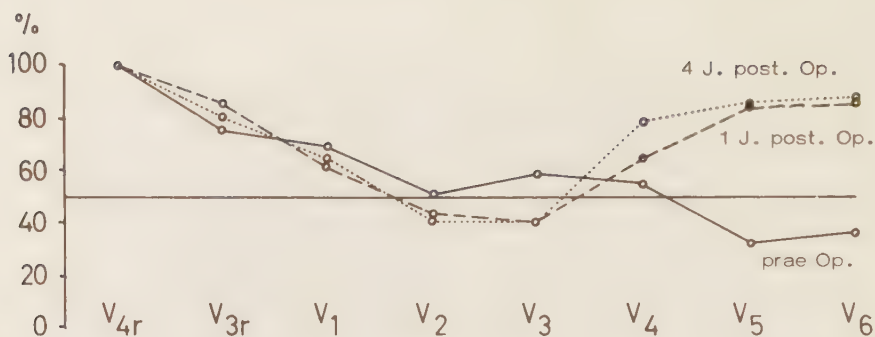


Abbildung.5: Legende siehe Seite 29

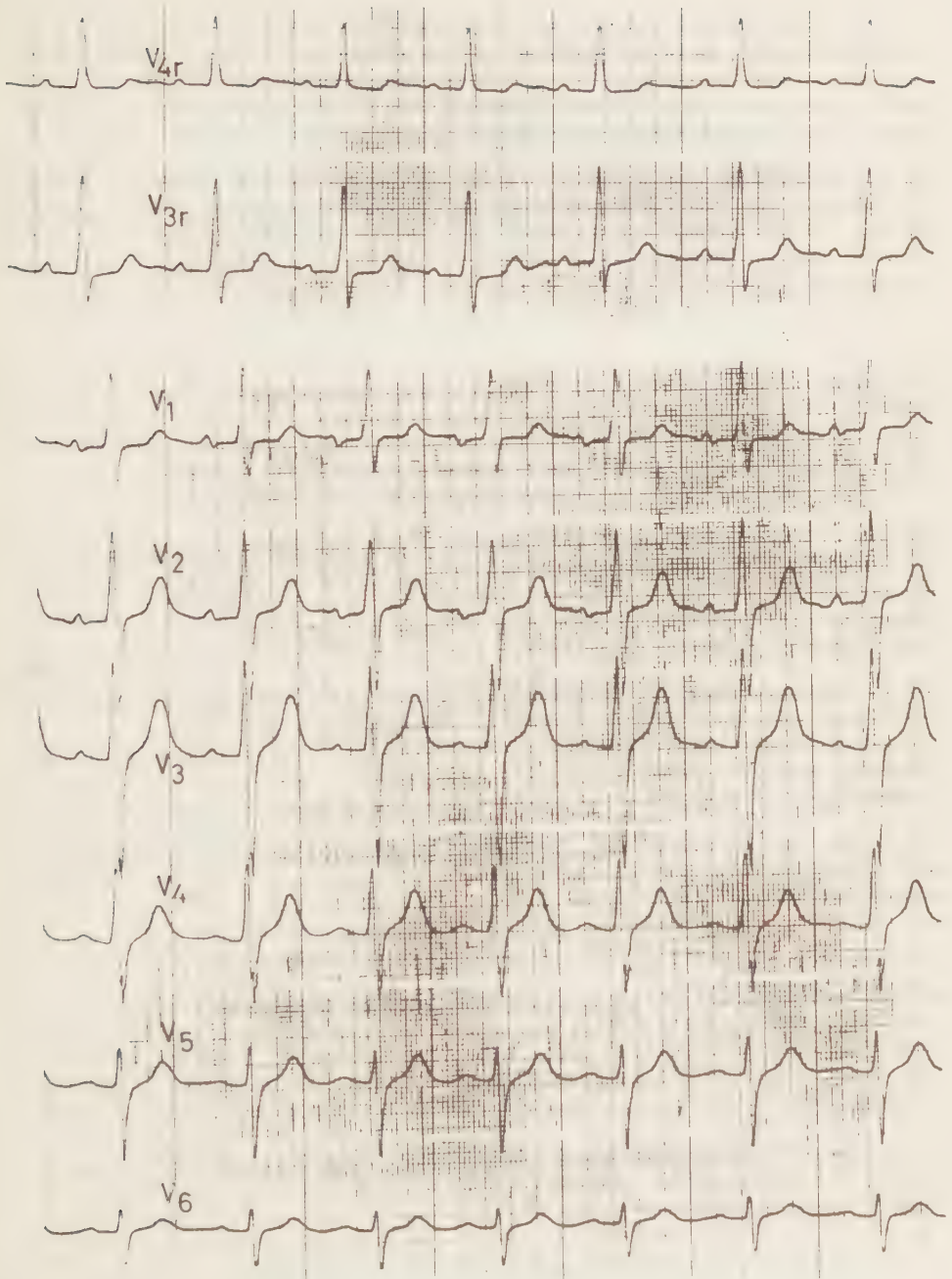


Abbildung 6 a: Legende siehe Seite 29

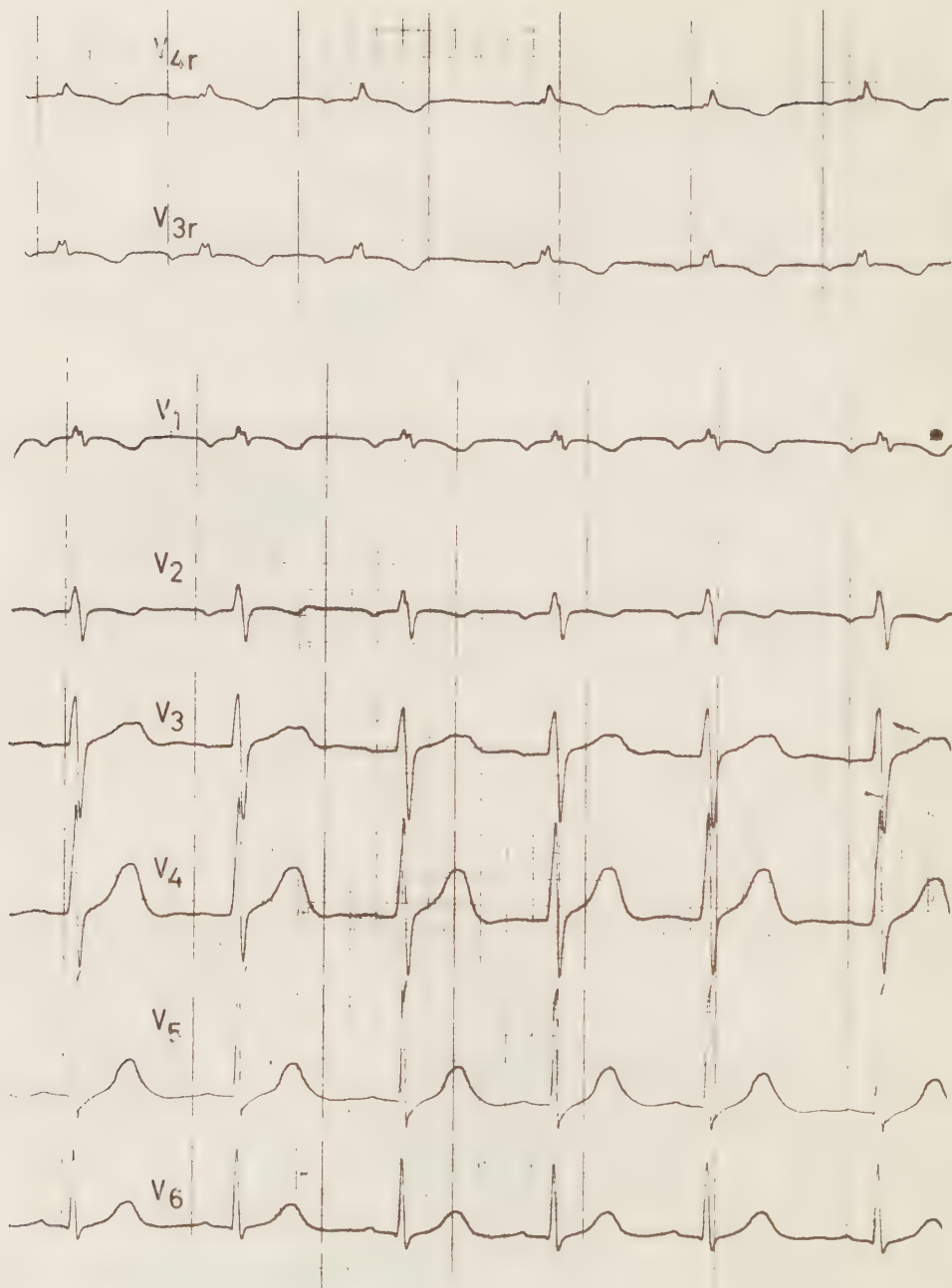


Abbildung 6 b: Legende siehe Seite 29

Abb. 1: Relationskurven von Pulmonalstenosen vor und nach der Herzoperation. Man sieht, daß sich die Relationsquotienten in den rechtspräkordialen Ableitungen nur wenig verändern, während es in den linkspräkordialen Ableitungen zu einem deutlichen Anstieg kommt. Damit entsteht in den Relationskurven formanalytisch der Eindruck einer Doppelhypertrophie.

... Gegenüberstellung von Brustwandelektrokardiogrammen bei isolierter Pulmonalstenose vor und ein Jahr nach gelungener Herzoperation (unter Einbeziehung der rechtspräkordialen Ableitungen V_4r und V_2r).
 In Abb. 6 a findet man deutliche Zeichen der Rechtshypertrophie sowie ein P-dextrokardiale.
 Abb. 6 b zeigt einen Rückgang der Rechtshypertrophie, die Ausbildung eines postoperativen Rechtsschenkelblocks und eine deutliche Zunahme der physiologischen Linkshypertrophie.

VI. Ergebnisse:

Es wurden die Elektrokardiogramme von 65 durch Katheteruntersuchung gesicherten isolierten Pulmonalstenosen quantitativ ausgewertet und der Summenquotient nach GUTHEIL errechnet. Dieser wurde zu den Ventrikeldruckquotienten (durch Katheteruntersuchung gewonnen) in Beziehung gesetzt und der Korrelationskoeffizient nach PEARSON errechnet, der mit

$$0,69$$

eine gute Korrelation beider Werte erbrachte. Außerdem konnte an Hand der Regressionslinie und der Standardabweichung Sigma der Grad der Streuung anschaulich gemacht werden, wobei sich innerhalb der zwei Sigma-Grenzen ungefähr 60% aller Werte befanden. Parallel dazu konnten die auch schon von anderen Untersuchern gefundenen Zeichen der Entwicklung einer Rechtshypertrophie bestätigt werden:

1. Regelmäßiges Auftreten eines P-dextrocardiale bei Drucken über 100 mm Hg im rechten Ventrikel.
2. Abweichung des Winkels Alpha des QRS-Komplexes in den Standardableitungen nach rechts in Abhängigkeit vom Druck im rechten Ventrikel.
3. Form und Entwicklung des QRS-Komplexes bis zum Auftreten hoher, schlanker R-Zacken in den rechtspräkordialen Ableitungen, bei gleichzeitiger Formumkehr in den linkspräkordialen Ableitungen.

Außerdem wurden katamnestische Untersuchungen an 15 Kindern mit operierter Pulmonalstenose durchgeführt. Dabei zeigte es sich, daß es postoperativ zu einer Verminderung des Summenquotienten um ca. 1/3 kam, was jedoch weniger auf einer Abnahme der Relationsquotienten in den rechtspräkordialen Ableitungen, sondern mehr auf einer Zunahme der linkspräkordialen Relationsquotienten beruhte. Es konnte

weiterhin gezeigt werden, daß sich ca. ein Jahr nach der Operation im Elektrokardiogramm das Bild einer Doppelhypertrophie ausbildet, das jedoch auf die Zeichen einer physiologischen Linkshypertrophie zurückzuführen ist und keine Überlastung des linken Ventrikels zur Ursache hat. Parallel dazu bilden sich auch die Zeichen einer extremen Rechtshypertrophie zurück:

1. Abnahme oder Verschwinden des P-dextrocardiale
2. Abnahme der absoluten Höhe der R-Zacken in den rechtspräkordialen Ableitungen um 50% bei gleichzeitiger Zunahme der Amplitudenhöhe der linkspräkordialen Ableitungen um etwa den gleichen Betrag.

Bei zwei Kindern wurde vier Jahre nach der Operation eine erneute Herzkatheterung durchgeführt, die korrespondierend zu der guten Besserung der EKG-Befunde auch eine deutliche Abnahme der rechtsventrikulären Drucke erbrachte.

VII. Zusammenfassung

Bei der quantitativen Auswertung des Elektrokardiogramms mit Hilfe des Summenquotienten konnte bei 65 isolierten Pulmonalstenosen eine gute Korrelation der EKG-Veränderungen mit den rechtsventrikulären Drucken festgestellt werden. Bei katamnestischen Untersuchungen nach operativer Beseitigung der Pulmonalstenose zeigte sich weiterhin, daß parallel mit der Drucksenkung im rechten Ventrikel eine allmähliche Verminderung des Summenquotienten auftritt und ungefähr ein Jahr später der postoperative Umbau am Herzen beendet ist. Es kann somit behauptet werden, daß die quantitative Auswertung des Elektrokardiogramms mit Hilfe des Summenquotienten gute Rückschlüsse auf den Druck im rechten Ventrikel bei isolierten Pulmonalstenosen zuläßt. Somit kommt der quantitativen Auswertung des Elektrokardiogramms mit Hilfe des Summenquotienten bei der Verlaufsbeobachtung, bei der Bestimmung des Operationstermins und besonders bei der postoperativen Kontrolle einer isolierten Pulmonalstenose ein wertvoller Beitrag zu.

VIII. Literaturverzeichnis

1. ADAMS, F.H., L.G. Veasy, J.Jorgens, R.Diehl,
J.W. Labree, M.J.Shapiro and P.F.Dwan:

Congenital valvular pulmonary stenosis with
or without interatrial communication: Physio-
logic studies as diagnostic aid. J.Pediatr.,
S.Louis 36 (1951) 431

- . BAYER, O. und S.Effert:

Über die räumliche Lage der R- und T-Vektoren
bei Mitralklappenfehlern und ihre Beziehung zu
den Druckverhältnissen im Lungenkreislauf.
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.forsch. 16 (1952) 179

- . BLOUNT, S.G., Ph.S.Vigoda and H.Swan:

Isolated infundibular stenosis
Amer. Heart J. 57 (1959) 664

- . BERCUSTET, P., H.Bricaud, P.Cluzel, J.Gazeau,
D.Cottin, P.Mullon et J.G.Cabanicou:

La notion de sténose pulmonaire lâche
Arch. mal. coeur, Paris 50 (1955) 136

- . BUCHHEM, T.G. van, J.Nieveen, B.Homan und J.B.
Verhey:

Rétrécissement isolé de l'artère pulmonaire
Cardiologia 19 (1951) 246

- . ELSTER, K. und M.v.Lutterotti:

Die Rechtshypertrophie im Elektrokardiogramm
und das Massenverhältnis der beiden Herzkammern
Zschr. Kreisl.forschg. 43 (1947) 247

7. GOODWIN, J.F.:

The electrocardiogram in normal children and in children with right ventricular hypertrophy
Brit. Heart J. 14 (1952) 173

8. GUTHRIE, H.:

Die Bestimmung des Druckes in den Herzkammern mit Hilfe des Elektrokardiogramms bei angeborenen Herzfehlern des Kindes
Beihft Nr. 50, Arch.Kinderheilk., Stuttgart, Enke 1904

9. HOLLMANN, A.:

Electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy in infancy and childhood
Brit. Heart J. 20 (1958) 129

10. HOLT, W.:

Morphologische Untersuchungen an Herzen vor, während und nach der postnatalen Kreislaufumschaltung
Virchows Arch. path. Anat. 320 (1955) 450

11. JOHNSON, J.B., M.I.Ferrer, R.J.Nest and A. Courmand:

The relation between ECG evidence of right ventricular hypertrophy and pulmonary arterial pressure in patients with chronic pulmonary disease
Circulation 1 (1950) 530

12. LINZBACH, A.J.:

Die Lebenswandlungen der Struktur des Herzens
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.forsch. 24 (1956) 3

13. LOOGEN, F., O.Bayer und H.H.Wolter:

Klinische und physiologische Befunde bei der
angeborenen valvulären Pulmonalstenose ohne
und mit Vorhofseptumdefekt (Bericht über 12
Fälle)
Zschr. Kreisl.forsch. 42 (1953) 115

14. MARQUIS, R.M.:

Unipolar electrocardiogram in pulmonary ste-
nosis
Brit. Heart J. 13 (1951) 69

15. MICHEL, D.:

Die elektrische Achse der Haupt- und Endschwan-
kungen und ihre gegenseitige Beziehungen im
Kindesalter
Zschr. Altersforschung 5 (1951) 301

16. MICHEL, D., K.Bock, O.Hartleb, M.Herbst:

Elektrokardiographische Beobachtungen an 130
Pulmonalstenosen
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.forsch. 23 (1957) 316

17. MILNOR, W.R.:

Electrocardiogram and vectorcardiogram in left
ventricular hypertrophy and right bundle-branch
block
Circulation 20 (1957) 346

18. MOUNSEY, J.P., L.W.Ritzmann and N.J.Silverstone:

Cardiographic studies in severe pulmonary emphysema

Brit. Heart J. 14 (1952) 442

19. MYERS, G.B., H.A.Klein and B.E.Stofer:

The electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy

Amer. Heart J. 33 (1946) 1

20. ORME, H.W. and F.H.Adams:

The relationship of intracardiac pressure and electrocardiographic findings in cases of congenital heart disease J. Pediatr. 40 (1952) 55

1. PIPBERGER, H., P. Luchsinger, R.Külin und F. Schaub:

Das räumliche Vektorkardiogramm bei der Hypertrophie des rechten Ventrikels und seine Relationen mit den hämodynamischen Größen des Lungensystems

Cardiologia 21 (1955) 55

2. ROSSI, E. und T.Onat:

Beziehungen zwischen den elektrokardiographischen Veränderungen der Rechtshypertrophie und den Druckverhältnissen im rechten Ventrikel bei kongenitalen Vitien im Kindesalter

Helv. pädiatr. acta 11 (1956) 455

23. SCHAUB, F., J.Vögtlin und A.Bühlmann:

Die Beziehungen zwischen den elektrokardiographischen Veränderungen der Rechtshypertrophie und den hämodynamischen Größen des Lungenkreislaufs bei kongenitalen Vitien, bei der Mitralstenose und beim chronischen cor pulmonale

Cardiologica 26 (1955) 209

24. SCHLÖMKA, G.:

Über die Beziehungen zwischen Muskelmassenverhältnis der Herzkammern und EKG-Typ

Dtsch. Arch. Klin. Med. 193 (1940) 555

- . SCHMIDT, J.:

Hämodynamik und Elektrokardiogramm

Urban und Schwarzenberg München - Berlin 1961

- . SCHWEIZER, W.:

Elektrokardiogramm und Herzlage

Arch. Kreisf.forsch. 20 (1951) 1

27. SCHWEIZER, W., J.Hellier und J. Lenègre:

La relation entre la pression artérielle pulmonaire moyenne et l'hypertrophie ventriculaire droite électrique et anatomique dans les cardiopathies droites, gauches et mixtes

Cardiologia 25 (1955) 1

28. STOERMER, J. und W. Heck:

Pädiatrischer EKG-Atlas
Thieme Stuttgart 1971

29. STOERMER, J.:

Das EKG bei angeborenen Herz- und Gefäßanomalien (2)
Pädiat. Praxis 7 (1966) 305

30. TORNER-SOLER, M., J. Balaguer-Vintro, J. Gilbert-Queralto:

Elevated right ventricular pressure; its relation to the pattern of right ventricular hypertrophy
Amer. Heart J. 49 (1955) 536

31. WASSERBURGER, R.H. and J.H. Brown:

AVr - An index of right ventricular preponderance: Correlation of QRS patterns in AVr and the right precordial leads with the ventricular workload ratio
Amer. Heart J. 55 (1958) 33

32. WILSON, F.N., F.F. Rosenbaum and F.D. Johnston:

Interpretation of the ventricular complex of the electrocardiogram
Advances Int. Med. N.Y. 2 (1947) 1

33. ZIEGLER, R.F.:

Electrocardiographic studies in normal infants
and children
Springfield I 1951

Für die Anregung zu diesem Thema,
für die stets gewährte Hilfe so-
wie für die freundliche Übernahme
des Referates bin ich Herrn Prof.
Dr. Hermann Gutheil zu höchstem
Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Am 12. Juni 1943 wurde ich, Gerhard, Heinrich Votteler, als Sohn des Dipl. Berging. Edwin Votteler und seiner Ehefrau Irmtraud geb. Steiner in Komotau/Sudetenland geboren. Nach Besuch der Grundschule und des Neusprachlichen Gymnasiums in Köln-Deutz legte ich dort am 22.2.1964 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester begann ich mein Medizinstudium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, wo ich im Mai 1967 die ärztliche Vorprüfung bestand.

Je ein klinisches Semester studierte ich an den Universitäten Würzburg, Köln und Bonn und kehrte im Wintersemester 1968/69 an die Universität Erlangen zurück. Im Juli 1970 bestand ich dort das medizinische Staatsexamen.

Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich an der Univ.Kinderklinik Erlangen, am Stadtkrankenhaus Wunsiedel und an der Höhenklinik Bischofsgrün ab. Zur Zeit arbeite ich am Stadtkrankenhaus Selb und befinde mich im zweiten Jahr der internistischen Facharztausbildung.



Buchdruckerei Ludwig Müller - 852 Erlangen, Fahrstraße 5